

一种含重金属废水的处理工艺浅析

孔德峰, 余端, 崔亮亮, 姜瑞, 蔡少武

安徽浩悦生态科技有限责任公司, 安徽 合肥

收稿日期: 2022年3月1日; 录用日期: 2022年3月31日; 发布日期: 2022年4月11日

摘要

简要介绍一种含重金属废水的处理工艺流程和主要运行参数, 通过对比分析工艺改进前后的运行数据表明: 重金属去除率较工艺改进前明显提高, 当出水硬度控制在2.0 mmol/L以内时, 通过模拟蒸发器处置废水, 蒸发器换热效率增高, 蒸发器出水指标稳定, 处置产量提高28%。

关键词

重金属废水, 硬度, 换热效果

Analysis of a Heavy Metal Wastewater Treatment Process

Defeng Kong, Duan Yu, Liangliang Cui, Rui Jiang, Shaowu Cai

Anhui Haoyue Ecological Technology Co., Ltd., Hefei Anhui

Received: Mar. 1st, 2022; accepted: Mar. 31st, 2022; published: Apr. 11th, 2022

Abstract

This paper briefly introduces a treatment process and main operation parameters of wastewater containing heavy metals. By comparing and analyzing the operation data before and after the process improvement, it shows that the removal rate of heavy metals is significantly higher than that before the process improvement. When the effluent hardness is controlled within 2.0 mmol/L, wastewater treatment by simulated evaporator, the heat exchange efficiency of the evaporator is increased and the effluent index of the evaporator is stable, disposal yield increased by 28%.

Keywords

Heavy Metal Wastewater, Hardness, Heat Transfer Effect

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

重金属废水是指矿冶、机械制造、化工、电子等工业生产过程中产生的含重金属的废水。重金属废水(如含铬、镍、铜、锌等废液)若不加以无害化处理,会严重破坏环境和损害人类健康[1]。

随着工业的发展,重金属废水对环境安全及人体健康造成了极大的危害,必须经过有效处理后才能排放进入自然环境。常用的重金属废水处理方法主要分为物理法,生物法和化学法3大类[2][3]。含重金属废水处理方法一般采取消石灰中和法,但此方法对不同的重金属处理效率不同步,多种重金属共存时,无法做到相同的分离效率[4]。同时,消石灰法会给体系带入较多的钙离子,使得预处理后的废水硬度较高,在后期蒸发脱盐工序中容易导致蒸发器换热管结垢,导致换热效果变差,日处置量降低[5]。

为解决此类工艺控制问题,本文通过实验,对比分析工艺改进前后的运行数据,重点研究铁氧体共沉淀法来解决废液中多种重金属的一次性同步去除工艺,且中和药剂采用消石灰+片碱共同使用,经此法处理的废水可以满足后期脱盐和生化处理的水质要求[6][7]。

2. 工艺简介

2.1. 进水水质及出水要求

取某电镀公司含多种重金属的电镀清洗废水作为研究对象,水质指标见下表1所示:

Table 1. Wastewater quality indicators

表 1. 废水水质指标

指标	COD	TDS	酸度	元素分析	重金属	总磷
检测数据	小于 1000 mg/L	25,000 mg/L	3.0~10.0 mol/L	SO ₄ ²⁻ : 1000~10,000 mg/L Cl ⁻ : 1000~10,000 mg/L NO ₃ ⁻ : 1000 mg/L	锌: 3250 mg/L 镍: 2160 mg/L 铜: 540 mg/L 三价铬: 1600 mg/L	小于 50 mg/L

出水要求:达到工业污水排放标准,主要污染物指标:COD ≤ 1000 mg/L, SS ≤ 500 mg/L,其余指标要求达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的三级标准。

2.2. 工艺流程

2.2.1. 重金属废水原实验工艺

含重金属废水经过格栅池将污泥、悬浮物等杂质过滤后泵入反应釜,通过添加消石灰或片碱,沉淀废水中的重金属离子;再加入碳酸钠溶液去除废水中钙镁离子;最后加入絮凝剂 PAC 和 PAM 后,通过板框压滤机将污泥和废水分离。废水经模拟蒸发器处理后将硫酸盐、硝酸盐等混盐结晶析出,馏分水泵

入一体化处理设施进行生化处理。工艺流程图见图 1 (改进前):

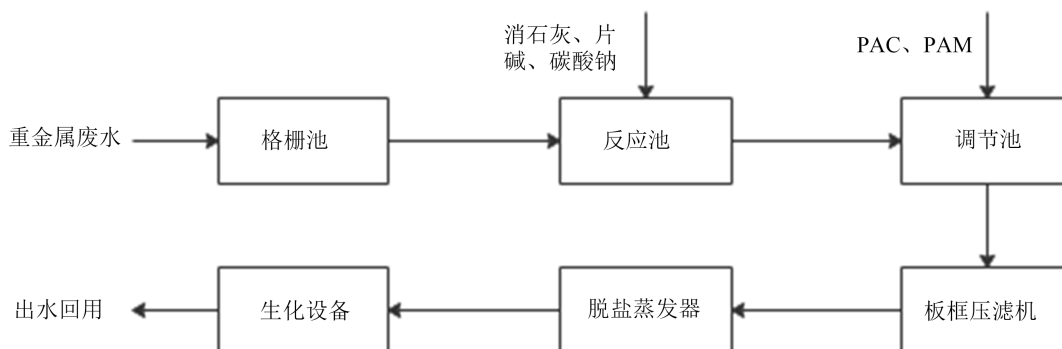


Figure 1. Experimental process flow of heavy metal wastewater before process improvement
图 1. 工艺改进前重金属废水实验工艺流程

利用该工艺处置后, 出水中重金属含量在 50~100 mg/L, 硬度约 5 mmol/L, 导致在模拟蒸发器蒸发脱盐处置中结垢严重, 换热器换热效果差, 处置产能低。

2.2.2. 重金属废水实验工艺优化

在原设计处置工艺基础上, 采用铁氧体共沉淀法处置多种重金属废水, 首先在反应釜中添加一定比例的硫酸亚铁和双氧水, 控制二价铁、三价铁、重金属离子的摩尔比; 再添加消石灰和片碱, 调节废水体系 pH 至 8.0~9.0, 溶液中有大量絮状沉淀物产生, 并加入聚合氯化铝, 在溶液中生成复合沉淀; 在调节池中使用药剂磷酸三钠控制废水中钙离子浓度。工艺流程如图 2 所示(改进后):

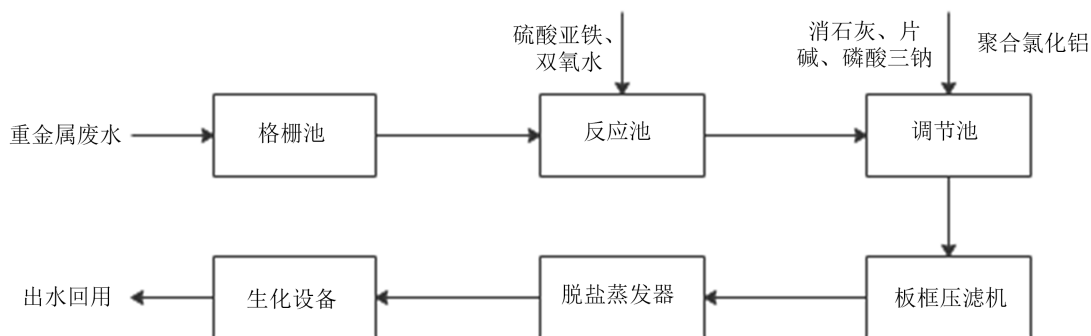


Figure 2. Heavy metal wastewater treatment process after process improvement
图 2. 工艺改进后重金属废水处理工艺流程

通过工艺改进, 采用铁氧体共沉淀法处置工艺, 通过控制二价铁、三价铁、重金属离子的摩尔比, 使得溶液中的重金属离子与 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 生成铁氧体沉淀物沉淀, 出水中重金属含量均小于 0.5 mg/L, 同时采用磷酸三钠代替碳酸钠降低废水中钙离子浓度, 可使得出水硬度保持在 0.5~1.6 mmol/L 范围内, 在模拟蒸发器蒸发脱盐处置中, 基本无结垢现象产生, 提高换热器换热效果, 提高处置产能。

3. 结果与分析

3.1. 原实验工艺处理效果

处理工艺改进前各种金属进出水含量及硬度含量见表 2 所示。

Table 2. Water content and hardness content of various metals before improvement**表 2.** 改进前各种金属进出水含量及硬度含量

项目	锌	镍	铜	三价铬	硬度
进水含量(mg/L)	3250~3500	2160~2600	300~540	1100~1600	3.5~5 mmol/L
出水含量(mg/L)	30~85	15~76	15~68	52~90	4~8.6 mmol/L

通过表 2 可知,原处理工艺处理重金属废水后,出水中重金属含量在 15~100 mg/L,硬度在 4.0 mmol/L 以上,通过模拟蒸发器进行蒸发实验,由于进水硬度过高,导致蒸发过程中极易出现内壁结盐结垢,导致换热效率降低,影响处置产能。

原因浅析:含重金属废水经原处理工艺处置后,氢氧化锌、氢氧化铜、氢氧化镍、氢氧化铬完全沉淀的 pH 值在 9.0~11.0 范围波动,重金属废水中多种金属离子与消石灰氢氧根离子结合生成金属氢氧化物沉淀,但在各自的溶度积下,沉淀程度不同,废水中残留的各金属离子浓度含量各不相同,达不到分离目的。

3.2. 实验工艺优化后处理效果

通过优化处理工艺,采用铁氧体共沉淀法处理重金属废水,处理后各重金属进出水含量及硬度含量见表 3 所示。

Table 3. Water content and hardness content of various metals after improvement**表 3.** 改进后各种金属进出水含量及硬度含量

项目	锌	镍	铜	三价铬	硬度
进水含量(mg/L)	3250~3500	2160~2600	300~540	1100~1600	3.5~5 mmol/L
出水含量(mg/L)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5~1.6 mmol/L

由表 3 可知,通过改进处理工艺,采用铁氧体共沉淀法处置重金属废水,出水中重金属:锌、镍、铜、铬含量均低于工艺改进前,出水中重金属含量均低于 0.5 mg/L。

原因浅析:铁氧体是复合金属氧化物,化学式是 M_2FeO_4 , M 是其他金属,控制摩尔比 $Fe^{2+}:Fe^{3+} = 1:2$,反应体系 pH 在 9.0 左右,在生成沉淀物时,溶液中其他重金属离子与 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 生成铁氧体沉淀物沉淀,所以能同时沉淀多种重金属,提高处置效率。

3.3. 硬度控制

从表 2 和表 3 对比发现,重金属废水处理工艺优化后,出水效果较好,出水中硬度控制在 2 mmol/L 以下,通过模拟蒸发器对处理后废水进行脱盐处理,蒸发器内壁结盐结垢速率得到明显减缓,可提高处置产能。

原因浅析:控制出水体系 pH 值在 9.0 以下,加入碳酸钠去除钙、镁离子时,由于碳酸钙、碳酸镁的溶解度和体系酸碱度的共同影响下,出水硬度在 4~8.6 mmol/L,影响处置效率。工艺改进后,调节体系 pH 值为 10.0 后加入磷酸三钠,水中硬度控制在 2 mmol/L 以下,处理效果好。

通过改进重金属废水处理工艺,采用铁氧体共沉淀法处理后,出水经蒸发脱盐处理,蒸发器出水指标稳定,处置产量提高 28%,蒸发器出水经生化处理后出水主要污染物指标 $COD \leq 1000$ mg/L, $SS \leq 500$ mg/L,其余指标要求达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的三级标准。

4. 总结

1) 利用常规工艺处置重金属废水, 出水中重金属含量在 50~100 mg/L, 硬度约 5 mmol/L, 影响蒸发器正常运行; 通过改进重金属废水处理工艺, 采用铁氧体共沉淀法处理, 出水中重金属: 锌、镍、铜、铬含量均低于 0.5 mg/L, 处置效果明显优于工艺改进前, 表明用铁氧体沉淀法能一次脱除多种重金属离子。

2) 采用磷酸三钠代替碳酸钠降低废水中的钙离子浓度, 可控制出水中硬度在 2 mmol/L 以下, 使得蒸发器结垢减少, 减缓结盐速率, 增加蒸发器换热效率, 处置产能提高 28%。

3) 工艺优化后, 出水水质稳定, 经蒸发脱盐后生化处理出水指标达到工业污水排放标准, 主要污染物指标: COD ≤ 1000 mg/L, SS ≤ 500 mg/L, 其余指标要求达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的三级标准。

参考文献

- [1] 杨智宽, 韦进宝. 污染控制化学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1998.
- [2] 姜立萍. 重金属废水处理技术综述[J]. 上海环境科学, 2014(5): 224-229.
- [3] 梅越民, 刘明亚, 毕远伟. 重金属废水处理技术研究进展[J]. 中国高新技术企业, 2017(12): 124-125.
- [4] 邹家庆. 工业废水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [5] 王国平, 徐旭辉, 李刚, 等. 氯化铵蒸发器结垢成分鉴别及原因分析[J]. 无机盐工业, 2020, 52(8): 81-83.
- [6] 汤兵, 张俊浩. 铁氧体法处理含 Zn²⁺、Ni²⁺废水研究[J]. 环境保护科学, 2002, 28(1): 12-15.
- [7] 彭位华, 桂和荣. 国内铁氧体法处理重金属废水应用现状[J]. 水处理技术, 2010(5): 22-27.